

# VU Research Portal

## Veilig vluchten bij brand in een gebouw: Een kwestie van bouwtechniek of psychonomie?

Kobes, M.; Helsloot, I.; Vries, B.; Post, J.

### ***published in***

Tijdschrift voor veiligheid  
2008

### ***document version***

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### ***citation for published version (APA)***

Kobes, M., Helsloot, I., Vries, B., & Post, J. (2008). Veilig vluchten bij brand in een gebouw: Een kwestie van bouwtechniek of psychonomie? *Tijdschrift voor veiligheid*, 7(3), 17-34.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

# Veilig vluchten bij brand in een gebouw: een kwestie van bouwtechniek<sup>1</sup> of psychonomie?

*Magrethe Kobes, Ira Helsloot, Bauke de Vries & Jos Post*

*De mogelijkheid voor veilig vluchten is het cruciale aspect van brandveiligheid van gebouwen. Het uitgangspunt op het beleidsdomein van brandveiligheid is dan ook dat mensen zelfstandig een brandend bouwwerk kunnen verlaten. Een belangrijke voorwaarde hierbij is dat in het gebouw zodanige brandveiligheidsmaatregelen zijn getroffen dat die zelfredzaamheid bij brand ook mogelijk is. In de praktijk blijken aanwezigen in een gebouw niet altijd ondersteund te worden door de huidige bij wet voorgeschreven veiligheidsmaatregelen. Dit komt doordat het inzicht in het feitelijke menselijke gedrag bij brand momenteel beperkt is en in ieder geval niet leidend is voor het brandveiligheidsbeleid.*

## 1 Inleiding

In de eerste fase van een brand zijn de aanwezigen in een gebouw vooral aangewezen op zichzelf en op de mensen in hun directe omgeving. Het gedrag van mensen in deze eerste fase is het meest bepalend voor de kans om de brand te overleven (Purser & Bensilum 2001; Pires 2005). De mate van zelfredzaamheid bij brand is daarmee een belangrijke indicator voor de brandveiligheid van een gebouw. Voorheen werd vanuit de brandpreventie 'zelfredzaamheid' gezien als een onveranderlijke eigenschap van een persoon. Sime (1991) stelt daarentegen dat de mate van zelfredzaamheid van een persoon gedurende het vluchtproces kan variëren en afhangt van de omgevingscondities waarin de persoon zich bevindt. De mate van zelfredzaamheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de persoonlijke kenmerken of het gebruikstype van het gebouw waarin de persoon zich bevindt. Ook het gebouwt ontwerp kan van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid. Zo speelt de beschikbaarheid van brandveiligheidsvoorzieningen, zoals vluchtroutes en nooduitgangen, een bepalende rol voor de kans om een brand te overleven. De beschikbaarheid van de brandveiligheidsvoorzieningen is enerzijds afhankelijk van de plaats van de brand en van de mate van brand- en rookontwikkeling in het

1. Bouwwerken worden steeds groter en complexer waardoor veelal sprake is van functie-integratie. Dit betekent dat beschouwingen van vluchten niet alleen beperkt zouden moeten blijven tot het bouwwerk zelf, maar dat ook in ogenschouw genomen moet worden hoe het bouwwerk is gelegen in de stedelijke of ruimtelijke omgeving. Denk hierbij aan de ontruiming van de Twin Towers die ook in de aangrenzende straten en ondergrondse ruimten uitmondde in noodlottige situaties. Het is daarom wellicht beter te spreken van ruimtelijke ordening en techniek (in het algemeen) in plaats van bouwtechniek. In dit artikel wordt echter alleen ingegaan op de aspecten die een rol spelen bij de ontvluchting in een gebouw en niet op de ontvluchting in de ruimtelijke omgeving waarin het gebouw is gesitueerd.

gebouw. Anderzijds is de beschikbaarheid afhankelijk van de juiste uitvoering en de mate van onderhoud van de voorzieningen.

In de praktijk blijken aanwezigen in een gebouw bij hun zelfredzame gedrag niet altijd ondersteund te worden door de huidige bij wet voorgeschreven veiligheidsmaatregelen. Dit komt doordat het inzicht in het feitelijke menselijke gedrag bij brand momenteel beperkt is en in ieder geval niet leidend is voor het brandveiligheidsbeleid. Vanuit het perspectief van optimalisering van het brandveiligheidsbeleid is het echter interessant te begrijpen waarom bepaalde incidenten tot veel slachtoffers hebben geleid, of waarom een bepaalde potentieel rampzalige gebeurtenis juist tot een beperkt aantal slachtoffers heeft geleid. Deze vragen hebben de basis gevormd voor een literatuurstudie naar de aspecten die van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand. De resultaten uit deze literatuurstudie zijn gepubliceerd in *Zelfredzaamheid bij brand: kritische factoren voor het veilig vluchten uit gebouwen* (Kobes 2008) en zijn in dit artikel samengevat.

## 2 Kritische factoren voor zelfredzaamheid bij brand

### 2.1 *Zelfredzaamheid bij brand*

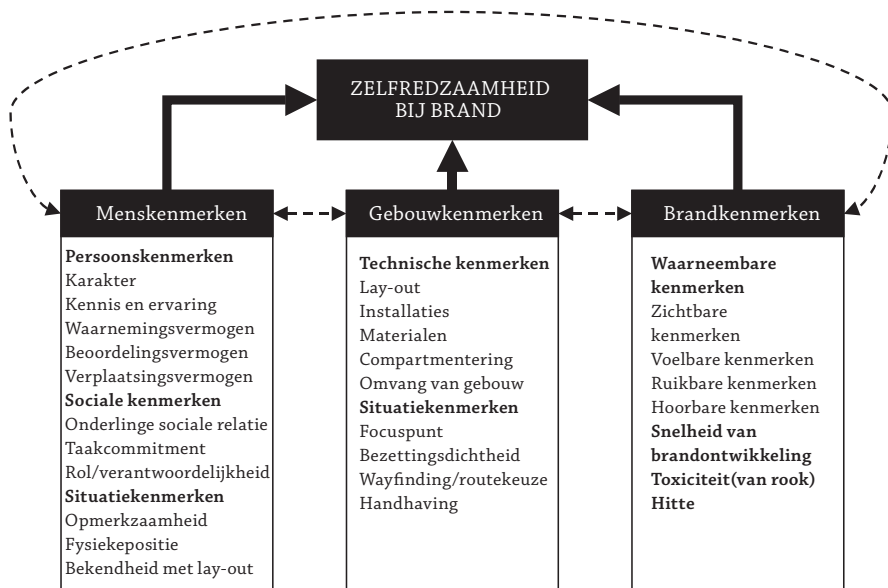
In de literatuurstudie (Kobes 2008) is gezocht naar de kritische factoren die van invloed zijn op fataliteit bij brand en, in positieve zin, op de zelfredzaamheid bij brand. Tot op heden wordt zelfredzaamheid bij brand in gebouwen veelal geassocieerd met mobiliteit; dat is het vermogen om zich, zonder hulp van anderen, uit een gebouw te verplaatsen (Oomes, 2006). Uit literatuur over branden en het menselijke gedrag bij brand is echter naar voren gekomen dat ook andere factoren bepalend zijn voor de mate van zelfredzaamheid bij brand. Er is daarom een nieuwe interpretatie van de term 'zelfredzaamheid bij brand' noodzakelijk.

Zelfredzaamheid bij brand is het menselijk vermogen om signalen van gevaar waar te nemen en te interpreteren, en om beslissingen te nemen en uit te voeren die gericht zijn op het overleven van een brandsituatie (Kobes 2008). Op hoofdlijnen zijn drie categorieën van factoren bepalend voor de mate van zelfredzaamheid bij brand in een gebouw. Deze drie categorieën zijn (Kobes 2008):

- brandkenmerken;
- menskenmerken;
- gebouwkenmerken.

In figuur 1 zijn per kenmerk de belangrijkste onderwerpen weergegeven die van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand. Een negatieve uiting van de kenmerken kan leiden tot fataliteit bij brand en een positieve uiting kan leiden tot zelfredzaamheid bij brand.

**Figuur 1** Kritische factoren die de zelfredzaamheid bij brand bepalen



De eerste factor die een directe invloed heeft op de mate van zelfredzaamheid betreft de brandkenmerken. Een brand is het proces van de ontsteking en de verbranding van materialen waarbij hitte en rook vrijkomen. Ook gebouwenkenmerken hebben een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Een gebouw is een fysiek omsloten omgeving waarin mensen aanwezig zijn en waarin activiteiten worden uitgevoerd. Verder hebben de menskenmerken een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Bij de bepaling van de mate van zelfredzaamheid wordt het gedrag van mensen beschouwd vanuit een individu (persoonskenmerken) en vanuit een groep personen (sociale kenmerken).

## 2.2 De gevaarsfactor: brand

Brand en de effecten van brand op de ontvluchting vormen het gevaarstype bij de zelfredzaamheid bij brand. De kritische factoren voor zelfredzaamheid bij brand vanuit de brandkenmerken zijn de waarneembare kenmerken van brand, de snelheid van brandontwikkeling, de toxiciteit van brand en de hitte die bij brand vrijkomt.

De waarneembare kenmerken zijn onder te verdelen in zichtbare, ruikbare en hoorbare kenmerken. Deze kenmerken zijn van invloed op de snelheid van het ontdekken van een brand. Ook het voelen is onderdeel van het menselijk waarnemingsvermogen, maar blijkt geen sterke invloed te hebben op het ontdekken van brand. Uit diverse experimenten blijkt dat een ontruimingssignaal niet als een duidelijke aanwijzing voor brand wordt beschouwd (Proulx 2003). De geur van rook of het zien van vlammen en rook zijn sterkere aanwijzingen voor een brand en de noodzaak van een ontvluchting (Proulx 2003; Tong & Canter 1985).

De mate van brandontwikkeling kan worden bepaald aan de hand van een formule die uitgaat van een exponentiële groei. In de formule is het uitgangspunt dat de mate van brandontwikkeling afhankelijk is van de brandontwikkelingscoëfficiënt van het materiaal dat bij de brand betrokken is (Tang & Beattie 1997; Chang & Huang 2005). Chang en Huang (2005) onderscheiden negen (standaard) brandkrommen met verschillende snelheden van brandontwikkeling. De brandkrommen zijn overigens slechts een rekenkundige benadering van de brandontwikkeling en zijn niet noodzakelijkerwijs een weergave van een 'gemiddelde' brandontwikkeling. Toch is de snelheid van brandontwikkeling een belangrijke factor voor fataliteit bij brand en wordt bij fatale branden veelal aangemerkt in termen als 'een plotseling zeer snelle branduitbreiding'. Uit studies naar branden in Nederland met vijf of meer dodelijke slachtoffers (Kobes 2008) komt naar voren dat in bijna alle gevallen sprake was een snelle branduitbreiding na het ontdekken van de brand.

De meeste (Gann 2004) dodelijke slachtoffers bij brand zijn te wijten aan inhalatie van rook en giftige verbrandingsgassen (ISO 2004). Andere effecten van blootstelling aan verbrandingsgassen en rook zijn (ISO 2004):

- Uitschakeling van reactievermogen; bewusteloosheid.
- Vertraagde loopsnelheid of aangepast gedrag zoals de keuze voor een langere vluchtroute.
- Psychologische beperking voor ontvluchting als gevolg van de gevaarsperceptie van de betreffende persoon.
- Langdurige fysieke effecten (ISO 2004), zoals kanker, longbeschadiging en aantasting van het immuunsysteem (Blomqvist 2005).

### 2.3 *De menselijke factor*

Naast de gevaarsfactor brand is de menselijke factor van invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Het gaat immers om het gedrag van mensen in een brandsituatie. De kritische factoren voor zelfredzaamheid bij brand vanuit de menskenmerken zijn de persoonskenmerken, de sociale kenmerken en de persoonsgebonden situatiekenmerken.

De bepalende persoonskenmerken zijn het karakter van de aanwezigen in het gebouw, de kennis en ervaring van de aanwezigen, het waarnemingsvermogen, het beoordelingsvermogen en het verplaatsingsvermogen. Vanuit het karakter spelen drie eigenschappen een rol. De belangrijkste eigenschap is het onderscheid tussen het karakter van leider of volger. De meeste mensen vertonen in geval van brand de karaktertrekken van een volger (Cornwell 2003; Galea e.a. 2007). Mensen die een volger zijn reageren in eerste instantie niet op de signalen van gevaar, maar wachten op anderen voordat zij zelf actie ondernemen. De tweede karaktereigenschap die van belang is betreft de mate van stressbestendigheid. De aanleiding voor een verhoogd stressniveau bij brand kan liggen in de overschrijding van de informatieverwerkingscapaciteit en de confrontatie met een onbekende situatie (Verwey 2004). Mensen met een verhoogd stressniveau reageren langzamer op signalen van gevaar. De derde karaktereigenschap is het geloof in eigen kunnen (Sillem 2005). Het waarnemingsvermogen is de persoonlijke eigenschap om signalen van gevaar te kunnen opmerken. Door het gebruik van alcohol, drugs en

narcotica wordt het waarnemingsvermogen tijdelijk beperkt (Bruck 2001). Ook mensen die slapen hebben een laag waarnemingsvermogen (Sandberg 1997). Het beoordelingsvermogen is de inschatting van de gevaarsdreiging. Wanneer een brand als extreem gevaarlijk wordt gezien, zijn de aanwezigen eerder geneigd te vluchten (Tong & Canter 1985). De meeste mensen hebben echter moeite met het inschatten van het gevaar van brand. De kennis en aannames over de snelheid van de brand- en rookontwikkeling zijn vaak onjuist (Proulx 1997; Proulx 2001; Purser & Bensilum 2001), waardoor mensen zichzelf meer in gevaar brengen dan nodig is. Onder het verplaatsingsvermogen wordt de mate van mobiliteit verstaan. Zo kan er door een slechte conditie sprake zijn van een tijdelijk beperkt niveau of van een hulpbehoevend niveau wanneer mensen bedlegerig zijn of zich in een cel bevinden.

De bepalende sociale kenmerken zijn de onderlinge sociale relatie tussen de aanwezigen, de mate van taakcommitment en de rol of de verantwoordelijkheid van de aanwezigen in het gebouw. Uit incidentevaluaties blijken mensen in geval van nood eerder geneigd om samen te werken in plaats van op individuele basis te handelen (Cornwell 2003; SFPE 2002; Purser & Bensilum 2001; Proulx 2007; Galea e.a. 2007). Wanneer sprake is van een sterke onderlinge sociale relatie tussen de aanwezigen, zoals bij familieleden, zullen mensen zolang als mogelijk proberen als groep te reageren (Sandberg 1997). Er is sprake van taakcommitment als mensen vasthouden aan rolpatronen of rolverwachtingen. Uit incidentevaluaties blijkt dat mensen bij onverwachte gebeurtenissen in eerste instantie vasthouden aan de rolverwachtingen die passen bij de functie van het gebouw waarin zij zich bevinden (Donald & Canter 1990; Johnson 2005; Pires 2005). Deze rolverwachtingen beperken de herkenning van gevaar en vergroten de verwerkingstijd van de informatie over het brandgevaar (Pires 2005). Zo zijn mensen veelal geneigd eerst de activiteit waarmee zij bezig zijn af te ronden voordat zij de ontvluchting starten (Graham & Roberts 2001). Verder blijken mensen die vanwege hun rol of functie verantwoordelijk zijn voor de organisatie in een gebouw, zoals serveersters en afdelingsmanagers, geneigd om deze verantwoordelijkheid ook tijdens een noodsituatie op zich te nemen (Sandberg 1997; Proulx 2007; Galea e.a. 2007). Een bijzondere rol of verantwoordelijkheid is die van de bedrijfshulpverlener. Een goede opleiding en training van een bedrijfshulpverleningsorganisatie blijkt een positieve invloed te hebben op de snelheid van ontvluchting (Sime 1991; Sandberg 1997; Purser en Bensilum 2001) en op het gebruik van nooduitgangen (Graham en Roberts 2000; Johnson 2005).

De bepalende persoonsgebonden situatiekenmerken zijn de opmerkzaamheid, de fysieke positie (passief of in beweging) en de bekendheid met de lay-out. De kennis over de invloed van de fysieke positie en de bekendheid met de lay-out is beperkt en niet eenduidig.

#### *2.4 De omgevingsfactor: het gebouw*

De derde factor die van invloed is op de mate van zelfredzaamheid van mensen in gebouwen is de omgevingsfactor. De fysieke kenmerken van een gebouw vormen de omgeving waarin mensen hun zelfredzame gedrag kunnen vertonen. Deze fysieke omgeving biedt de primaire voorwaarde voor de mogelijkheid van het over-

leven van een brandsituatie. De kritische factoren voor zelfredzaamheid bij brand vanuit de gebouwkenmerken zijn de gebouwgebonden situatiekenmerken en de fysieke kenmerken.

De gebouwgebonden situatiekenmerken bestaan uit de bezettingsdichtheid, het gemak om de weg te vinden (*wayfinding*), de aanwezigheid van een focuspunt en de mate van handhaving van de brandveiligheidsvoorzieningen. De bezettingsdichtheid is het aantal mensen in een gebouw. In de literatuur is een direct verband geconstateerd tussen een hoge bezettingsdichtheid en een hoge kans op fataliteit bij brand (Sandberg 1997; Tubbs 2004). Er is sprake van een groot gemak om de weg te vinden als de lay-out van het gebouw overzichtelijk is. Er zijn vijf categorieën van omgevingsfactoren die het gemak om de weg te vinden beïnvloeden (Raubal en Egenhofer 1998):

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie, waarmee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie gebruikt kunnen worden;
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

Er is sprake van een focuspunt als de aandacht van de aanwezigen is gericht op een centraal punt, zoals in een theater of leslokaal. Wanneer de acteurs (of docent) in geval van brand doorgaan met de voorstelling (of de les), zullen de toeschouwers (of de studenten) geneigd zijn te blijven zitten (Sandberg 1997). Verder is de werking van getroffen brandveiligheidsmaatregelen essentieel om bij brand veilig te kunnen vluchten. In de praktijk blijkt het echter slecht gesteld te zijn met de handhaving van de functionaliteit van brandpreventieve maatregelen (VROM 2004; VROM 2006; VROM 2007; Weges 2006a; Weges 2006b).

De fysieke kenmerken van een gebouw die de zelfredzaamheid bepalen zijn vooral de lay-out, de installaties, de materialen in het gebouw, de compartimentering en de omvang van het gebouw. Onderdelen van de lay-out zijn de vluchtrouteaanduidingen, de opzet van de vluchtroutes en de uitvoering en de plaats van de (nood)uitgangen en (nood)trappenhuizen. Uit incidentevaluaties blijkt dat nooduitgangen die in normale situaties niet gebruikt worden, ook tijdens een noodsituatie niet gebruikt worden (Benthorn & Frantzich 1996). Dit geldt met name voor uitgangen die vergrendeld zijn met voorzieningen die het 'oneigenlijke gebruik' in normale situaties tegengaan, zoals uitgangen die aangesloten zijn op een alarmsignaal. De installaties zijn onder te verdelen in roltrappen en liften, brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties, noodverlichtinginstallaties en sprinklersystemen. Dit zijn installaties die toepasbaar zijn voor het merendeel van de typen gebruiksfuncties/gebouwtypen. Andere installaties, zoals warmte- en rookafvoerinstallaties, overdrukinstallaties, brandkleppen en dergelijke, worden veelal toegepast in gebouwen met specifieke brandveiligheidsproblematiek en zijn daarom niet meegenomen in het onderzoek. Bij materialen valt te denken aan de (on)brandbaarheid van de materialen die gebruikt zijn voor de constructie, de afwerking en de inrichting van het gebouw. Compartimentering betreft



de fysieke barrière voor branduitbreiding en rookverspreiding. In de literatuur is geen informatie aangetroffen over de invloed van de omvang van een gebouw op de zelfredzaamheid bij brand. Er mag echter worden aangenomen dat het complex zal zijn om de weg te vinden in een omvangrijk gebouw met veel bochten en splitsingen.

### 3 Denkkader voor brandveiligheidsbeleid en zelfredzaamheid

#### 3.1 *Kloof tussen brandveiligheidsbeleid en daadwerkelijke brandveiligheid*

Uit de literatuurstudie zijn meerdere aspecten naar voren gekomen die de zelfredzaamheid bij brand en de daadwerkelijke brandveiligheid in gebouwen bepalen.

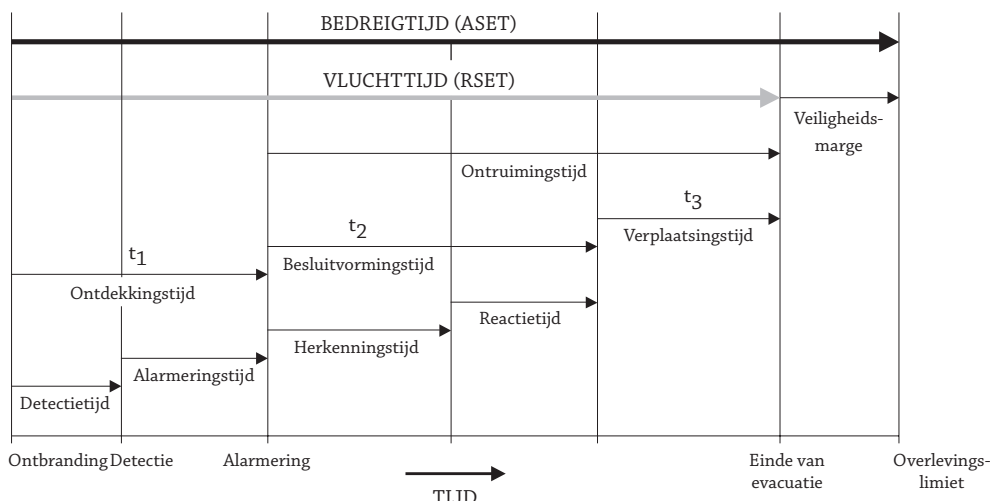
Door de eeuwen heen is er echter een kloof ontstaan tussen het brandveiligheidsbeleid en de technische en menselijke aspecten die daadwerkelijk de brandveiligheid bepalen (Kobes 2008). Met brandveiligheid wordt bedoeld op het voorkomen van brand, het beperken van de ontwikkeling van brand en rook, het blussen van een brand en de mogelijkheid tot het snel en veilig vluchten. Het brandveiligheidsbeleid is een weergave van de wijze waarop maatschappelijk en politiek gezien over brandveiligheid wordt gedacht. In het bestaande paradigma voor de brandveiligheid van gebouwen wordt de brandveiligheid hoofdzakelijk vanuit een bouwtechnisch perspectief beschouwd, zoals deze in de bouwreggeving is vastgelegd. Daarnaast spelen de wetgeving voor arbeidsomstandigheden en de voorschriften voor een veilig gebruik van gebouwen een bepalende rol. In het brandveiligheidsbeleid zijn daarmee zowel technische als sociale maatregelen opgenomen.

In Kobes (2008) is op hoofdlijnen uiteengezet hoe de kloof tussen beleid en daadwerkelijke brandveiligheid is ontstaan. De inhoudelijke beschrijving van de kloof volgt hierna en kan worden toegelicht aan de hand van de tijdlijn 'bedreigtijd en vluchttijd'. Het cruciale aspect van brandveiligheid van gebouwen is namelijk de mogelijkheid van een veilige ontvluchting. Bij ontvluchting speelt de factor tijd een bepalende rol voor de veiligheid. In het proces van ontvluchting zijn twee typen tijdselementen gedefinieerd (SFPE 2002; BSI 2004): de 'beschikbare vluchttijd (ASET)', hierna aangeduid als de bedreigtijd, en de 'benodigde vluchttijd (RSET)', hierna aangeduid als de vluchttijd.

De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van de brand en het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie (SFPE 2002; BSI 2004). Binnen deze tijd wordt de mogelijkheid voor ontvluchting negatief beïnvloed en vallen de eerste slachtoffers. Om de bedreigtijd te kunnen bepalen worden analyses uitgevoerd naar factoren die de kans op overleven verlagen, zoals de tijd voordat een rooklaag een bepaalde hoogte bereikt of de tijd voordat de hitte en schadelijke stoffen die bij brand vrijkomen zodanig is dat personen bezwijken. Voor de grenswaarden voor de bepaling van de fatale omgevingsconditie wordt verwezen naar: Irvine e.a. 2000; SFPE 2002; BSI 2004; Delichatsios 2004; O'Connor 2005; Trijssenaar-Buhre e.a. 2007.



**Figuur 2 Bedreigtijd en vluchttijd (BSI 2004)**



De vluchttijd (RSET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat een veilige plaats is bereikt (SFPE, 2002; BSI, 2004). De vluchttijd wordt bepaald door de tijd die nodig is voor het uitvoeren van de basisactiviteiten gedurende de brand- en vluchtperiode. De ontvluchting moet plaatsvinden voordat er sprake is van een fatale omgevingsconditie. Om een veilige ontvluchting mogelijk te maken moet de benodigde vluchttijd vermeerderd worden met een veiligheidsmarge. Deze marge betreft de restperiode tot de verslechterde omgevingsconditie beslist voor alle aanwezigen fataal wordt (veiligheidsfactor). De vluchttijd en de veiligheidsmarge samen moeten korter zijn dan de tijd die verstrijkt totdat het incident zich ontwikkeld heeft tot een levensbedreigende situatie (SFPE, 2002; BSI, 2004).

Bij de noodzakelijke brandpreventieve maatregelen ter ondersteuning van de zelfredzaamheid speelt het vergelijk tussen de vluchttijd en de bedreigtijd een bepalende rol. Bij de vluchttijd zijn gedragsscenario's leidend die zijn gebaseerd op kennis vanuit de psychonomie. De bedreigtijd is afhankelijk van brandscenario's die zijn gebaseerd op kennis vanuit de brandfysica. Er is in (brandpreventief en repressief) Nederland echter nauwelijks kennis op het gebied van psychonomie en brandfysica. Verder zijn de uitgangspunten en aannames in het Nederlandse beleid niet in overeenstemming met de wetenschappelijke kennis op gebied van brandfysica en psychonomie.

De belangrijkste aanname in het brandveiligheidsbeleid is dat een gebouw-ontwerp voldoende veilig is om een veilige plaats te bereiken, voordat de brand zich zodanig ontwikkeld heeft dat overleven niet meer mogelijk is (BZK 1995). Hierbij wordt de vluchttijd in het Nederlandse beleid bepaald op basis van de standaard doorstroomcapaciteit van uitgangen en trappen enerzijds en de standaard vluchttijd van verdiepingen anderzijds. De doorstroomsnelheid van uitgangen is in het huidige beleid (Bouwbesluit) gesteld op 135 personen per minuut per meter uitgangsbreedte. Verschillende onderzoekers hebben echter geconstateerd

dat de doorstromingsnelheid van uitgangen maximaal 60 personen per meter per minuut is (Frantzich 1994). Dit komt onder andere doordat de doorstromingsnelheid afhankelijk is van de effectieve uitgangsbreedte en niet van de werkelijke uitgangsbreedte (Pauls 1984). Mensen lopen namelijk niet strak langs deurposten of wanden, waardoor niet de volledige (werkelijke) uitgangsbreedte gebruikt wordt.

Verder gaat het beleid uit van een bepaalde reactietijd, zoals in figuur 2 is gevisualiseerd met de lijn 't1'. Ook bij de reactietijd wordt uitgegaan van standaardwaarden, die onder andere afhankelijk zijn van de aanwezigheid van een brandmeldsysteem in het gebouw. Vervolgens is het uitgangspunt dat mensen na het ontdekken van een brand, bijvoorbeeld door het horen van een ontruimingssignaal, direct met de ontvluchting starten. Uit incidentevaluaties (Proulx & Richardson 2002; SFPE 2002) blijkt dit echter niet het geval te zijn, zoals ook in figuur 2 is gevisualiseerd met de lijn 't2'. Deze fase van het vluchtproces wordt in het Nederlandse beleid buiten beschouwing gelaten. De tijd die aanwezigen in een gebouw nodig hebben om de brand te ontdekken en om het gevaar te onderkennen blijkt echter van grotere invloed te zijn op de tijd die nodig is voor de ontvluchting dan de feitelijke verplaatsingstijd (Bryan 2002; Proulx 2003).

Andere voorbeelden van uitgangspunten en aannames in het huidige beleid die niet overeenkomen met de kennis uit de literatuur zijn in tabel 1 weergegeven.

**Tabel 1** *Verschil tussen beleid en daadwerkelijke brandveiligheid*

<b>Uitgangspunt of aanname in beleid</b>	<b>Kennis uit incidentevaluaties en experimenten</b>
De brandontwikkeling in een gebouw is conform de standaard brandkromme, ongeacht het gebruik van een gebouw en de materialen die aanwezig zijn.	De brandontwikkeling is afhankelijk van het type materiaal dat aanwezig is, zo wordt de verbranding van kunststoffen gekenmerkt door een ultrasnelle brandontwikkeling (Chang & Huang 2005).
Mensen die mobiel zijn kunnen zelfstandig vluchten.	Alle mensen in een brandsituatie kunnen tot op bepaalde hoogte te maken krijgen met beperkingen (Tong en Canter 1985; Proulx 2002; Bukowski 2005; Averill e.a. 2007) en zijn daarmee potentieel verminderd tot niet-zelfredzaam.
Mensen gebruiken vluchtrouteaanduidingen om de dichtstbijzijnde uitgang te vinden.	Uit incidentevaluaties naar de ontvluchting bij 400 branden blijkt dat 92% van de overlevenden zich niet bewust is geweest van de aanwezigheid van vluchtrouteaanduidingen (Ouellette 1993).
Mensen vluchten via dichtstbijzijnde (nood)uitgang.	Mensen vluchten doorgaans via de bekende weg en nauwelijks via nooduitgangen (Sandberg 1997; Graham & Roberts 2000; Benthorn & Frantzich 1996). De objectieve loopafstand is niet bepalend voor de routekeuze (Gwynne e.a. 2001; Løvås 1998). Bekende routes worden als korter ervaren dan onbekende routes (Løvås 1998).
De loopsnelheid van mensen is constant, ongeacht of men wel of niet door rook loopt.	Mensen die worden blootgesteld aan de effecten van brand lopen langzamer dan de loopsnelheid zoals verkregen uit loopexperimenten in normale omgevingscondities (Frantzich 1994; Isobe e.a. 2004; Nagai e.a. 2004).

### 3.2 Brandveiligheidsbeleid

Vanuit bestuurlijk oogpunt wordt verondersteld dat beleid, en de toepassing en handhaving daarvan, één van de factoren is die het brandveiligheidsniveau bepalen. Hagen (2007) stelt daarbij dat de regelgeving geoptimaliseerd moet worden. Feitelijk is optimalisatie het streven om met de meest effectieve beleidsmaatregelen de resultaten te bereiken die in de beleidsdoelstellingen beoogd zijn. Om de regelgeving te kunnen optimaliseren is allereerst inzicht nodig in de effectiviteit van het huidige beleid (Kobes 2008). Verder is het nodig om de beoogde resultaten te benoemen en meetbaar te maken. Dit kan door middel van doelkwantificering. Bij doelkwantificering gaat het immers om het benoemen van de beoogde effecten en om het meetbaar maken van de beleidsdoelstellingen. Bij doelkwantificering kan onderscheid gemaakt worden in twee niveaus van doelstellingen (Hagen 2007), te weten doelstellingen op macroniveau en doelstellingen op microniveau. Met het macroniveau wordt bedoeld op wat landelijk acceptabel is of waarnaar landelijk wordt gestreefd. Met het microniveau wordt bedoeld op het acceptabele of streefniveau per gebouwfunctie.

Het aantal dodelijke slachtoffers is één van de aspecten waarmee het acceptabele niveau gedefinieerd kan worden. Fatale branden<sup>2</sup> komen (wereldwijd) vooral 's nachts voor in gebouwen waarin mensen slapen, zoals woningen en hotels (Bruck 2001; Kobes 2008). Verder komen fatale branden vooral voor in gebouwen waarin mensen aanwezig zijn die niet zelfstandig kunnen vluchten, zoals verzorgingstehuizen en cellengebouwen (Kobes 2008) en in bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, zoals cafés en nachtclubs (Tubbs 2004). Bij fatale branden in bijeenkomstgebouwen zijn (is) met name de (combinatie van) de volgende factoren bepalend voor de fataliteit (Graham & Roberts 2000; Tubbs 2004; Bryner e.a. 2007):

- een hoge bezettingsdichtheid;
- de aanwezigheid van brandbare versieringen;
- niet-beschikbaarheid van nooduitgangen.

Vanuit een risicobenadering geredeneerd zou de aandacht van het brandveiligheidsbeleid, gezien de hoge kans op fataliteit bij brand, vooral moeten liggen op gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, en/of waarin mensen slapen en/of waarin de aanwezige mensen niet (tot verminderd) zelfstandig mobiel zijn. Het beperken van het aantal slachtoffers bij brand is slechts één mogelijke overweging voor extra aandacht voor brandveiligheidsbeleid. Daarnaast zijn andere overwegingen mogelijk, zoals de benadering van (overheids)verantwoordelijkheid voor kwetsbare doelgroepen zoals kinderen en gevangenen. Ook kan extra aandacht voor brandveiligheid nodig zijn vanuit de volgende overwegingen in relatie tot de verantwoordelijkheid van de overheid, zoals vanuit de zorg voor maatschappelijke continuïteit, de beperking van de materiële schade, de beperking van milieuschade, waar vooralsnog alleen vanuit de externe veiligheid geredeneerd brandpreventieve eisen gesteld worden en de bescherming van het culturele erfgoed.

2 Voor een volledig overzicht van ernstige fatale branden in Nederland zie [www.nbdic.nl](http://www.nbdic.nl) in 'Dossier fatale branden in Nederland'.

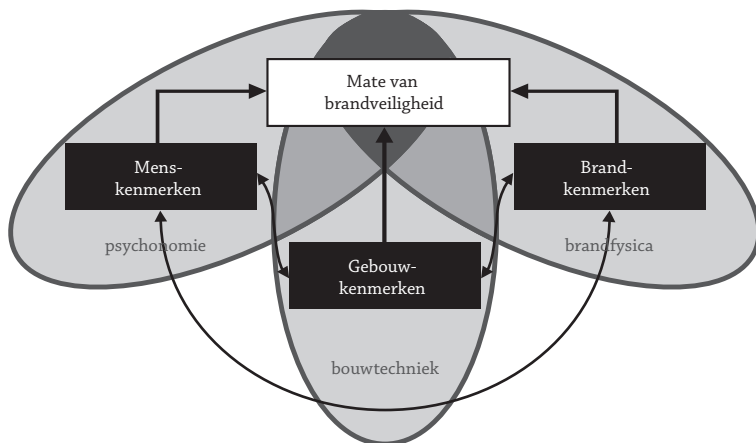
In het huidige brandveiligheidsbeleid wordt vooralsnog niet in meetbare doelstellingen antwoord gegeven op de vraag wat het acceptabele niveau van brandveiligheid is. De validatie van de aannames in de voorschriften ten opzichte van de effecten van de voorschriften op de brandveiligheid lijkt bovendien geen bepalende rol te spelen in het huidige brandveiligheidsbeleid. Het brandveiligheidsbeleid wordt al eeuwenlang beïnvloed door rampzalige incidenten (Kobes 2008; Helsloot 2007). De onderzoeksresultaten van rampzalige incidenten en wetenschappelijke experimenten hebben echter zelden geleid tot een grondige evaluatie van de gehanteerde uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid. Na incidenten worden echter vaak symbolische verbetermaatregelen ingezet vanuit de overweging dat de kans zeer gering is dat in de nabije toekomst de effectiviteit van de symbolische maatregelen bediscussieerd hoeft te worden (Helsloot 2007). En omdat de kans op een herhaling van de betreffende fysieke veiligheidsincidenten veelal zo laag is kan door middel van symbolisch beleid absolute veiligheid worden beloofd. De vorming van beleid zou daarom niet door incidenten gestuurd moeten worden, maar het zou gebaseerd moeten zijn op een periodieke evaluatie van de effectiviteit van het beleid.

Een voorbeeld van een symbool van brandveiligheid zijn de groene vluchtrouteaanduidingen (Kobes 2008). Beleidsmakers en -handhavers hebben veel aandacht voor de kleur, het pictogram en de locatie van vluchtrouteaanduidingen (de groene nooduitgangbordjes), maar uit incidentevaluaties blijkt dat mensen veelal de aanduidingen voor nooduitgangen niet opmerken (Ouellette 1993) of negeren (Ouellette 1993; Boer 2002; Johnson 2005). Bovendien is de locatie van de groene bordjes zodanig dat ze in geval van brand door de rook niet meer zichtbaar zijn. Het optreden van een goed opgeleide en getrainde bedrijfshulpverleningsorganisatie lijkt daarentegen effectiever te zijn (Sime 1991; Sandberg 1997; Graham & Roberts 2000; Purser & Bensilum 2001; Johnson 2005), maar de invulling van een dergelijke organisatorische maatregel wordt in het beleid volledig aan het verantwoordelijkheidsbesef van de gebouwbeheerder overgelaten (SZW 2007).

### 3.3 *Nieuw denkkader vanuit toegepaste brandveiligheidskunde*

In de huidige benadering van brandveiligheid ligt de nadruk op de bouwtechniek, namelijk op de interactie tussen brandkenmerken en gebouwkenmerken. Om het brandveiligheidsbeleid te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand zal de traditionele benadering van brandpreventie aangevuld moeten worden met de kennis vanuit de wetenschap op het gebied van brandfysica en psychonomie. Dit betekent dat een paradigmaverschuiving noodzakelijk is naar een beoordelingssysteem op basis van toegepaste brandveiligheidskunde.

**Figuur 3**      **Onderwerpen van brandveiligheidskunde**



Toegepaste brandveiligheidskunde is een wetenschappelijke benadering van brandveiligheid vanuit drie disciplines:

- Fysische brandveiligheidskunde (brandfysica). Dit is de wetenschap over het ontstaan, de ontwikkeling en de repressie van (de effecten) van brand.
- Bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek). Dit is de wetenschap over het architectonische, bouwkundige en installatietechnische gebouwontwerp in relatie tot het ontstaan, de ontwikkeling en de repressie van (de effecten) van brand en het vluchten bij brand.
- Psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie). Dit is de wetenschap over de interactie tussen de omgeving en het gedrag van mensen in deze omgeving. In de psychonomie gaat het erom te ontdekken wat de wetmatigheden zijn die het menselijk gedrag bepalen (Verwey 2004). Deze wetmatigheden geven inzicht in hoe mensen informatie verwerken.

#### 4 Slot

De belangrijkste conclusie is dat in het beleid nauwelijks rekening gehouden wordt met het menselijk gedrag bij brand. De beperkte aandacht voor het menselijke gedrag bij brand die wel in het beleid aanwezig is blijkt bovendien gebaseerd te zijn op aannames die niet overeenkomen met het feitelijke gedrag bij brand. Er is daarom een paradigmaverschuiving nodig naar toegepaste brandveiligheidskunde, waarmee de kloof tussen het huidige beleid en werkelijke brandveiligheid gedicht kan worden. De kennis over en het begrip van het menselijk gedrag bij brand is echter nog erg beperkt. Zo is wel bekend wat de gedragingen zijn, maar is nauwelijks bekend wat de motieven voor de gedragskeuzes zijn. De uitgebreide studies naar het menselijk gedrag bij werkelijke branden in grote gebouwen en woongebouwen hebben voor gebouwontwerpers tot nu toe dan ook niet de gewenste informatie opgeleverd om een brandveilig gebouw te kunnen ontwerpen.

Om te bepalen welke maatregelen de besluitvormingstijd kunnen verkorten en welke maatregelen leiden tot de juiste routekeuze van vluchtende personen is namelijk informatie nodig over de perceptie, intenties en motieven van de acties van vluchtende personen. De informatie die in de literatuur beschikbaar is, betreft bovendien veelal exemplarische informatie uit bijzondere incidenten. De nadruk van incidentevaluaties, als al wordt gekeken naar het menselijk gedrag bij brand, ligt met name op de omstandigheden van mensen die de brand niet hebben overleefd. De omstandigheden van vluchtende personen die de brand wél hebben overleefd, leveren veel meer interessante informatie op over zelfredzaamheid. Er is daarmee niet alleen een grondige incidentevaluatie nodig in gevallen waar het (falie)kant mis is gegaan, maar vooral in gevallen waar het juist (net) goed is gegaan. Bovendien is een periodieke evaluatie nodig van de juistheid van de aannames in het beleid en van de effectiviteit van de voorgeschreven brandveiligheidsmaatregelen.

Om de zelfredzaamheid bij brand te kunnen realiseren is het nodig dat bij de bepaling van de brandveiligheid van een gebouwwontwerp wordt uitgegaan van een psychonomische benadering. Dit betekent dat de uitgangspunten voor brandpreventieve maatregelen gebaseerd moeten zijn op de interactie tussen het menselijk gedrag en de gebouwkenmerken. Hieronder is een aantal voorbeelden gegeven van aan te bevelen brandpreventieve maatregelen:

- Ga in ontruimingsberekeningen uit van een besluitvormingstijd en geef in het beleid meer aandacht aan de inrichting, opleiding en training van bedrijfshulpverlening.
- Ga in het beleid uit van de minimale zichtlengtes in met rook gevulde ruimten. Hiermee wordt bereikt dat het zicht tot op het minimaal gestelde niveau niet belemmerd wordt door rook. De zichtlengte moet ten minste 10 meter zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute. Mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute moeten ten minste 15-20 meter ver kunnen kijken.<sup>3</sup> Vergroot bovendien bij burgers het beoordelingsvermogen met betrekking tot brand. Hierbij kan gedacht worden aan voorlichting die gericht is op de gevaarsperceptie en de handelingsmogelijkheden.
- Er zou geen onderscheid gemaakt moeten worden tussen normale uitgangen en nooduitgangen. Alle uitgangen die in een ontruimingsberekening worden meegenomen moeten in het dagelijks gebruik ook als uitgang gebruikt worden.
- In ontruimingsberekeningen moet rekening worden gehouden met de te verwachten vluchtroute en niet met de kortste vluchtroute.
- Ga in ontruimingsberekeningen niet uit van een geaccepteerde wachtperiode voordat een vluchtroute beschikbaar is of een ontvluchting mogelijk is. Mensen zijn namelijk niet bereid om in een dreigende situatie voor bijvoorbeeld een gesloten deur te wachten totdat de deur opengaat, maar zullen dan op zoek gaan naar een alternatieve vluchtroute.

3 De benodigde zichtlengten zijn gebaseerd op resultaten uit verschillende experimenten, zie Frantzich (1994).

- Houd in ontruimingsberekeningen rekening met de effectieve breedte (zoals door Pauls (1984) is aangegeven) en ga uit van een maximale doorstroomsnelheid van 60 pers/m/min voor uitgangen.
- Houd in ontruimingsberekeningen rekening met een vertraagde loopsnelheid in gebieden die door brand en rook worden bedreigd en/of waar sprake is van een relatief laag verlichtingsniveau, zoals het lage niveau van noodverlichting.

Voor een uitgebreider voorstel voor nieuwe beleidsuitgangspunten wordt verwezen naar Kobes (2008).

## Literatuur

- Averill, J.D., D. Mileti, R. Peacock, E. Kuligowski, N. Groner, G. Proulx, P. Reneke & H. Nelson (2007) Federal Investigation of the Evacuation of the World Trade Center on September 11, 2001. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Benthorn, L. & H. Frantzich (1996) *Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit?* Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.
- Blomqvist, P. (2005) *Emissions from fire. Consequences for human safety and the environment. Doctoral thesis*. Lund University.
- Boer, L.C. (2002) *Gedrag van automobilisten bij evacuatie van een tunnel*. TNO, Soesterberg.
- Bruck, D. (2001) 'The who, what, where and why of waking to fire alarms: A review'. *Fire Safety Journal*, 36, p. 623-639.
- Bryan, J.L. (2002) 'A selected historical review of human behavior in fire'. *Fire Protection Engineering*, 16, p. 4-10.
- Bryner, N., D. Madrzykowski & W. Grosshandler (2007) *Reconstruction The Station Nightclub fire. Computer modeling of the fire growth and spread*. Interflam 2007, Proceedings of the 11th International Conference. Interscience Communications Ltd, London.
- BSI (2004) PD 7974-6 *The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Human factors: Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition*. British Standards Institute, London.
- Bukowski, R.W. (2005) *Protected elevators and the disabled*. Fire Protection Engineering, August.
- BZK (1995) *Brandbeveiligingsconcept. Gebouwen met een publieksfunctie*. Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken.
- Chang, C.-H. & H.C. Huang (2005) 'A water requirements estimation model for fire suppression: A study based on integrated uncertainty analysis'. *Fire Technology*, 41, p. 5-24.
- Cornwell, B. (2003) 'Bonded fatalities: Relational and ecological dimensions of a fire evacuation'. *The Sociological Quarterly*, 44, p. 617-638.
- Delichatsios, M.A. (2004) 'Should smoke yield be regulated for wall, ceiling and floor linings?' *Fire Technology*, 40, p. 263-276.



- Donald, I. & D. Canter (1990) 'Behavioural aspects of the King's Cross Disaster'. In: *Fires and human behaviour*. Second edition. London: David Fulton Publishers Ltd, p. 15-30.
- Frantzich, H. (1994) *A model for performance-based design of escape routes*. Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.
- Galea, E.R., G. Sharp, P.J. Lawrence & A. Dixon (2007) 'Investigating the impact of occupant response time on computer simulations of the WTC North tower evacuation'. In: *Conference proceeding Interflam 2007*. 11th international fire science and engineering conference. Vol. 2, p. 1435-1442.
- Gann, R.G. (2004) 'Estimating data for incapacitation of people by fire smoke'. *Fire Technology*, 40.
- Gwynne, S., E.R. Galea, M. Owen, P.J. Lawrence and L. Filippidis (1999) 'A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment'. *Building and Environment*, 34, p. 741-749.
- Gwynne, S., E.R. Galea, P.J. Lawrence & L. Filippidis (2001) 'Modelling occupant interaction with fire conditions using the buildingEXODUS evacuation model'. *Fire Safety Journal*, 36, p. 327-357.
- Hagen, R.R. (2007) *Het kerkje van Spaarnewoude. Over een nieuw elan in brandbrandveiligheid in tien ambities*. Arnhem: Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra.
- Helsloot, I. (2007) *Voorbij de symboliek. Over de noodzaak van een rationeel perspectief op fysiek veiligheidsbeleid*. Den Haag: Boom Juridische uitgevers.
- Irvine, D.J., J.A. McCluskey & I.M. Robinson (2000) 'Fire hazards and some common polymers. Review paper'. *Polymer Degradation and Stability*, 67, p. 383-396.
- ISO (2004) Guidelines for assessing the fire threat to people. ISO/TS 19706: 2004.
- Isobe, M., D. Helbing & T. Nagatani (2004) 'Many-particle simulation of the evacuation process from a room without visibility'. *Physical Review*, E 69.
- Johnson, C.W. (2005) 'Lessons from the evacuation of the world trade centre, 9/11 2001 for the development of computer-based simulations'. *Cognition, Technology and Work*, 7, p. 214-240.
- Kobes, M. (2008) *Zelfredzaamheid bij brand. Kritische factoren voor het veilig vluchten uit gebouwen*. Den Haag: Boom Juridische uitgevers.
- Løvås, G.G. (1998) 'Models of wayfinding in emergency evacuations. Theory and methodology'. *European Journal of Operational Research*, 105, p. 371-389.
- Nagai, R., T. Nagatani, M. Isobe & T. Adachi (2004) 'Effect of exit configuration on evacuation of a room without visibility'. *Physica A* 343, p. 712-724.
- O'Connor, D.J. (2005) 'Integrating human behaviour factors into design'. *Fire Protection Engineering*, p. 8-20.
- Oomes, E. (2006) *Mobiliteit*. Column in rubriek Ome Ed, december 2006.
- Ouellette, M.J. (1993) 'Visibility of exit signs'. *Progressive Architecture*, p. 39-42.
- Pauls, J. (1984) 'The movement of people in buildings and design solutions for means of egress'. *Fire Technology*, 20, p. 27-47.
- Pires, T.T. (2005) 'An approach for modeling human cognitive behavior in evacuation models'. *Fire Safety Journal*, 40, p. 177-189.
- Proulx, G. (1997) 'Misconceptions about human behaviour in fire emergencies'. *Canadian Consulting Engineer*, p. 36-38.
- Proulx, G. (2001) 'Occupant behaviour and evacuation'. In: *Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium*, Munich, May 25-26, p. 219-232.

- Proulx, G. (2002) *Evacuation planning for occupants with disability*. Internal report No. 843. IRC-NRCC, Ottawa, Canada.
- Proulx, G. & J.K. Richardson (2002) 'The Human factor: Building designers often forget how important the reactions of the human occupants are when they specify fire and life safety systems'. *Canadian Consulting Engineer*, 43, p. 35-36.
- Proulx, G. (2003) 'Playing with fire: Understanding human behavior in burning buildings'. *ASHRAE journal*, 45, p. 33-35.
- Proulx, G. (2007) 'High-rise office egress: the human factors'. In: *Proceedings of Symposium on High-Rise Building Egress Stairs*. New York City.
- Purser, D.A. & M. Bensilum (2001) 'Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations'. *Safety Science*, 38, p. 157-182.
- Raubal, M. & M.J. Egenhofer (1998) 'Comparing the complexity of wayfinding tasks in built environments'. *Environment & Planning, B* 25, p. 895-913.
- Sandberg, A. (1997) *Unannounced evacuation of large retail-stores. An evaluation of human behaviour and the computermodel Simulex*. Lund University, Sweden.
- SFPE (2002) *Engineering guide to human behaviour in fire*. SFPE.
- Sillem, S. (2005) 'Een psychologisch perspectief op evacuatie uit gebouwen'. In: *Zelfredzaamheid en fysieke veiligheid van burgers: Verkenningen*. Nibra Publicatiereeks nr. 18. Arnhem: Nibra.
- Sime J.D. (1991) 'Accidents and disasters: vulnerability in the built environment'. *Safety Science*, 14, p. 109-124.
- SZW (2007) *Arbeidsomstandighedenwet 2007*. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Directie Arbeidsomstandigheden.
- Tang, D. & K. Beattie (1997) *Integrated prediction of fire, smoke and occupants evacuation of buildings*. Dublin Institute of Technology/IES Limited.
- Tong, D. & D. Canter (1985) 'The decision to evacuate: a study of the motivations which contribute to evacuation in the event of fire'. *Fire Safety Journal*, 9, p. 257-265.
- Trijssenaar-Buhre, I.J.M., I.M.E. Raben, T. Wiersma & S.I. Wijnant (2007) *Self-rescue in quantitative risk analysis*. Apeldoorn: TNO.
- Tubbs, J.S. (2004) *Developing trends from deadly fire incidents: A preliminary assessment*. Westborough, MA: ARUP.
- Verwey, W.B. (2004) 'Psychologische Functieleer en Cognitieve Ergonomie: een Siamese tweeling?' *Tijdschrift voor Ergonomie*, 29, nr. 2, p. 4-9.
- VROM (2004) *Brandveiligheid bij zorginstellingen. Beoordeling van brandveiligheidsvoorzieningen in dertig zorginstellingen*. Haarlem: VROM-Inspectie, regio Noord-West.
- VROM (2006) *Onderzoek veiligheid bij overdekte speeltuinen. Beoordeling van de naleving van de VROM-regelgeving bij 30 overdekte speeltuinen*. Haarlem: VROM-Inspectie, regio Noord-West.
- VROM (2007) *Onderzoek veiligheid hotels. Brandveiligheid en legionella-preventie van 12 hotels in Zuid-Holland en Zeeland*. Rotterdam: VROM-Inspectie, regio Zuid-West.
- Weges, J.M. (2006a) *Brandveiligheidsscan aanmeldcentra voor asielzoekers*. Arnhem: Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra.
- Weges, J.M. (2006b) *Uitvoering brandveiligheid dakconstructies van stalen damwandprofiel*. Arnhem: Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra.

*Drs. ing. M. Kobes is onderzoeker bij het Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra (NIFV) en promovendus bij de Vrije Universiteit Amsterdam (VU), leerstoel Crisisbeheersing en fysieke veiligheid. Prof. dr. I. Helsloot is hoogleraar Crisisbeheersing en fysieke veiligheid aan de VU Amsterdam. Prof. dr. ir. B. de Vries is hoogleraar Ontwerpsystemen aan de TU Eindhoven. Dr. ir. J.G. Post is programmamanager Onderzoek bij het NIFV. Postadres: NIFV, afdeling Onderzoek, Postbus 7010, 6801 HA Arnhem. E-mailadres: Margrethe.Kobes@nifv.nl*